

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-014190

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H02P 7/00  
H02K 33/04  
H02K 33/10

(21)Application number : 11-115722

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

(22)Date of filing : 23.04.1999

(72)Inventor : HARRY SUHA GOKUTAAKU  
ABE HIDEAKI  
NAKAYAMA SATOSHI  
OKAMOTO TOYOKATSU

(30)Priority

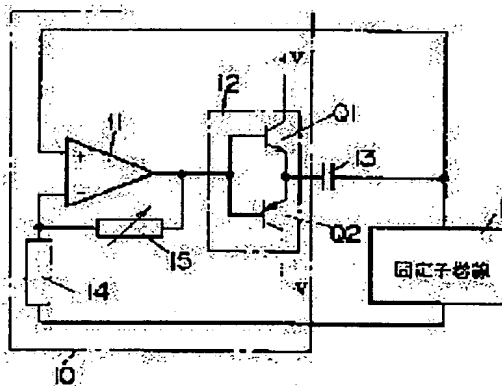
Priority number : 10113723 Priority date : 23.04.1998 Priority country : JP

## (54) DRIVE CIRCUIT FOR VIBRATION TYPE ACTUATOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To control drop in drive efficiency for variation of load by providing a control circuit which generates, with a self-oscillating operation, an application voltage for which an reverse electromotive force generated in electro-magnet coil due to the reciprocal movement of rotor is positively fed back.

**SOLUTION:** A DC resistance R and the inductance of a stator winding 1 and reverse electromotive force are considered as a serial circuit and the other circuit except for a capacitor 13 is considered as a control circuit 10. Since a reverse electromotive force is generated, when the magnetic flux of a permanent magnet passes a stator winding 1 when a rotor moves, a sine wave signal corresponding to the number of vibrations of moving portion is generated. This signal is applied to a non-inverted input terminal of an operational amplifier 11 and is then positively fed back to generate the self-oscillating operation. Since this frequency depends on the number of vibrations of mechanical system, if the load changes, the energizing voltage of the frequency depending on the load variation is applied to the stator winding 1. A resonance system required for oscillating operation is used as the vibration type linear actuator, to provide high efficiency drive, and the resonance system can be omitted, so that the number of item parts can also be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.04.2003

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-14190  
(P2000-14190A)

(43)公開日 平成12年1月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 2 P 7/00	1 0 1	H 0 2 P 7/00	1 0 1 B
H 0 2 K 33/04		H 0 2 K 33/04	A
33/10		33/10	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-115722

(22)出願日 平成11年4月23日(1999.4.23)

(31)優先権主張番号 特願平10-113723

(32)優先日 平成10年4月23日(1998.4.23)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 ハリー スハ ゴクターク

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 安倍 秀明

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74)代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

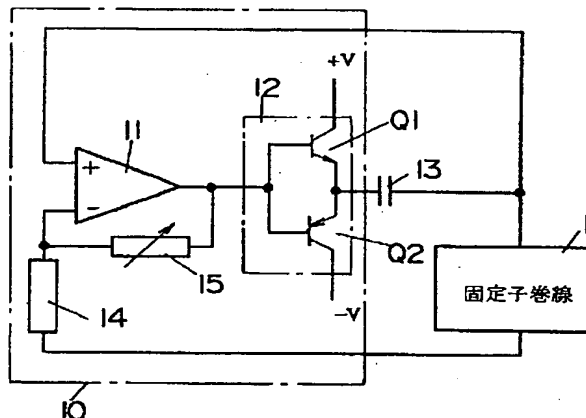
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 振動型アクチュエータの駆動回路

(57)【要約】

【課題】高駆動効率かつ小型の駆動回路を提供する。

【解決手段】リニアアクチュエータの固定子巻線1に発生する逆起電力を、演算増幅器11により正帰還増幅する。リニアアクチュエータは、自励発振動作により可動子を往復移動させる動作を継続し、固定子巻線1には正弦波状の電圧が印加される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させる復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成する制御回路を備えることを特徴とする振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項2】 電源を供給するスイッチを投入した直後に前記電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたことを特徴とする請求項1記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項3】 前記制御回路は、前記逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節することを特徴とする請求項1記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項4】 電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、前記パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて前記電磁石の巻線に印加することを特徴とする請求項3記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項5】 前記制御回路は、前記電磁石の巻線への印加電圧を不連続波形の電圧により等価的に生成することを特徴とする請求項1記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項6】 前記不連続波形の電圧は、可動子の往復移動の周期よりも十分に短いパルス幅であって時間経過に伴ってパルス幅が変化する矩形波状の電圧であることを特徴とする請求項5記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項7】 前記印加電圧を正弦波状としたことを特徴とする請求項5記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項8】 固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させるばね性を有する復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、電磁石の巻線に正弦波状の励磁電圧を印加する制御回路と、制御回路と電磁石の巻線との間に挿入されて電磁石の巻線とともに直列共振回路を形成するコンデンサとを備え、前記直列共振回路の共振周波数を可動子の固有振動数に一致させるように設定することを特徴とする振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項9】 前記制御回路は、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石

の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成することを特徴とする請求項8記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項10】 前記電磁石の巻線により生じる磁束を検出する検出用巻線を設け、前記制御回路は、可動子の往復移動に伴って検出用巻線に生じる誘導起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成することを特徴とする請求項8記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

10 【請求項11】 前記検出用巻線は、電磁石とは別体であって電磁石の近傍に配置されていることを特徴とする請求項10記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項12】 前記検出用巻線は、電磁石に巻装されていることを特徴とする請求項10記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項13】 電源を供給するスイッチを投入した直後に前記電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたことを特徴とする請求項1または請求項8記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

20 【請求項14】 前記制御回路は、前記逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節することを特徴とする請求項8記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

【請求項15】 電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、前記パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて前記電磁石の巻線に印加することを特徴とする請求項14記載の振動型アクチュエータの駆動回路。

30 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、往復移動する可動子を備えた振動型アクチュエータの駆動回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、電磁石よりなる固定子と、永久磁石を備えるとともに復帰装置としてのばねにより支持された可動子とを備える振動型アクチュエータが提供されている。この種の振動型アクチュエータには、たとえば、図15に示す構成のものがある。図示するものは、固定子2を構成する電磁石3に一直線上に等間隔で並ぶ3個の固定子磁極3a～3cを設け、固定子巻線1に励磁電流を流すことにより中央の固定子磁極3bが他の2個の固定子磁極3a、3bとは異極に励磁されるようにしてある。また、可動子4に設けた永久磁石5は固定子磁極3a～3cの並ぶ方向に移動自在であって移動方向において2極に着磁されており、永久磁石5の磁極の中心間の距離は隣合う一対の固定子磁極3aと3b、3bと3cの中心間の距離にほぼ一致させてある。さら

3

に、可動子4は永久磁石5の移動方向の両側に設けたばね6によって、移動範囲の中央位置付近に復帰するように支持される。

【0003】この構成の振動型アクチュエータにおいて、固定子巻線1に図16に実線で示すような矩形波状の交番電圧を印加すると、固定子巻線1が図15(a)の極性に励磁されている間には固定子磁極3a、3bと永久磁石5との間の磁力によって可動子4が図の左側に移動し、固定子巻線1が図15(b)の極性に励磁されている間には固定子磁極3b、3cと永久磁石5との間の磁力によって可動子4が図の右側に移動する。また、固定子巻線1に電圧が印加されていない期間にはばね6のばね力によって、可動子4を移動範囲の中央位置に復帰させる力が作用する。つまり、交番電圧の印加により、可動子4が左右に往復移動することになる。このような振動型アクチュエータは、可動子4が左右に往復移動することを利用して、可動子に内刃を結合する往復動式の電気かみそりが実現されている(特開平7-265560号公報、特開平7-313749号公報)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のように矩形波電圧を固定子巻線1に印加すると、図16に破線で示すような三角波状の高調波成分を多く含む電流が固定子巻線1に流れることになる。本発明者らの研究によると、正弦波電圧を固定子巻線1に印加したときの効率を1とし、矩形波電圧を固定子巻線1に印加した場合と比較すると、図17に示すように、矩形波電圧を印加するとき(図17に①で示す)のほうが正弦波電圧を印加するとき(図17に②で示す)よりも効率が低いという知見が得られている。図17において横軸は、正負両極性の矩形波電圧を1回ずつ固定子巻線1に印加する期間を1周期として、半周期に対する電圧発生期間の割合

(デューティ比)を示している。図より明らかなように、矩形波電圧では最大の効率が得られるようにデューティ比を設定したとしても正弦波電圧を印加する場合に比較して10%以上効率が悪くなる。このことは電気かみそりのように電池を電源とする電気機器に用いるとすれば、電池交換や電池充電の頻度が多くなるという問題につながる。

【0005】また、可動子4により駆動される負荷が変動して可動子4の振動周期に変化が生じると、センサを用いてタイミングをとる制御を行っていても固定子巻線に印加される励磁電圧と一時的に同期しなくなったり、場合によっては連続的に同期しなくなってしまう脱調を生じる場合もある。このように、可動子4の振動周期と励磁電圧とが同期しないときには、固定子巻線1に正弦波電圧を印加したとしても、固定子2から可動子4に対して減速させる向きのエネルギーを供給する期間が生じ、結果的にエネルギーの損失が生じて駆動効率が低下する。

4

【0006】さらに、上述の構成のリニアアクチュエータにおいて、可動子4の往復移動を継続させるには、固定子巻線1に電圧を印加するタイミングを可動子4の位置に合わせて制御するのが望ましい。つまり、可動子4の固有振動数に同期させて固定子巻線1を励磁して共振状態とすれば、駆動エネルギーを低減させることができる。そこで、可動子4が特定の位置を通過したことを検出するフォトインタラプタのようなセンサを設け、固定子巻線1に電圧を印加するタイミングを制御しているのが現状である。しかしながら、上述のようなセンサを設けると、センサおよびセンサの出力を処理する回路が必要になるから、全体としての大型化につながるという問題が生じる。

【0007】本発明は上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、電磁石の巻線に正弦波状電圧を印加し、かつ電磁石の巻線に電圧を印加するタイミングを可動子の往復移動に同期させながらもセンサを不要にして小型化を可能とし、しかも、負荷が変動しても駆動効率が低下することのない振動型アクチュエータの駆動回路を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させる復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成する制御回路を備えるものである。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後に前記電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたものである。

【0010】請求項3の発明は、請求項1の発明において、前記制御回路が、前記逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節するものである。

【0011】請求項4の発明は、請求項3の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、前記パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて前記電磁石の巻線に印加するものである。

【0012】請求項5の発明は、請求項1の発明において、前記制御回路が、前記電磁石の巻線への印加電圧を不連続波形の電圧により等価的に生成するものである。

【0013】請求項6の発明は、請求項5の発明において、前記不連続波形の電圧を、可動子の往復移動の周期よりも十分に短いパルス幅であって時間経過に伴ってパ

ルス幅が変化する矩形波状の電圧としたものである。

【0014】請求項7の発明は、請求項5の発明において、前記印加電圧を正弦波状としたものである。

【0015】請求項8の発明は、固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させるばね性を有する復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、電磁石の巻線に正弦波状の励磁電圧を印加する制御回路と、制御回路と電磁石の巻線との間に挿入されて電磁石の巻線とともに直列共振回路を形成するコンデンサとを備え、前記直列共振回路の共振周波数を可動子の固有振動数に一致させるように設定するものである。

【0016】請求項9の発明は、請求項8の発明において、前記制御回路が、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成するものである。

【0017】請求項10の発明は、請求項8の発明において、前記電磁石の巻線により生じる磁束を検出する検出用巻線を設け、前記制御回路が、可動子の往復移動に伴って検出用巻線に生じる誘導起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成するものである。

【0018】請求項11の発明は、請求項10の発明において、前記検出用巻線が、電磁石とは別体であって電磁石の近傍に配置されているものである。

【0019】請求項12の発明は、請求項10の発明において、前記検出用巻線が、電磁石に巻装されているものである。

【0020】請求項13の発明は、請求項8の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後に前記電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたものである。

【0021】請求項14の発明は、請求項8の発明において、前記制御回路が、前記逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節するものである。

【0022】請求項15の発明は、請求項14の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、前記パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて前記電磁石の巻線に印加するものである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下の実施形態では、振動型アクチュエータ（電磁石と永久磁石とを組み合わせる直進往復移動を行なうものを例示して説明する。以下、リニアアクチュエータと呼ぶ）として従来の技術として説明したものを想定しているが、他の構成の振動型アクチュエ

ータにおいても本発明の技術思想を適用することは可能である。

【0024】（実施形態1）本実施形態は、図1に示すように、演算増幅器11を備え、演算増幅器11の出力端には駆動回路12を介してコンデンサ13の一端が接続される。コンデンサ13の他端は演算増幅器11の非反転入力端に接続されるとともに、リニアアクチュエータの固定子コイル1の一端に接続される。さらに、固定子コイル1の他端と演算増幅器11の反転入力端との間には抵抗14が挿入され、演算増幅器11の出力端と反転入力端との間には可変抵抗15が挿入されている。

【0025】駆動回路12はコンプリメンタリ接続した一対のトランジスタQ1、Q2を用いて構成され、駆動回路12によって演算増幅器11の出力電圧が電源電圧（±V）まで昇圧され、リニアアクチュエータを駆動可能な電圧が得られる。ここに、電源には電池を想定しているが、他の電源でもよい。また、コンデンサ13はリニアアクチュエータの可動部分の固有振動数に応じて設定され、固定子巻線1とコンデンサ13とにより形成される直列共振回路の共振周波数が、リニアアクチュエータの可動部分の固有振動数に一致するように設定される。

【0026】ところで、図1に示す回路は、図2のような等価回路で表すことができる。ここで、リニアアクチュエータは、固定子巻線1の直流抵抗Rと、固定子巻線1のインダクタンスLと、逆起電力Eとの直列回路とみなしており、コンデンサ13を除く他の回路を制御回路10としている。また、駆動回路12に電源電圧を印加する電源Vsを設けている。逆起電力Eはリニアアクチュエータにおいて可動子が移動する際に永久磁石の磁束が固定子巻線1を横切ることによって生じるのであって、リニアアクチュエータに設けた可動部分の振動数に相当する正弦波状の信号が発生することになる。この信号は演算増幅器11の非反転入力端に入力されるから、正帰還増幅されて図1に示す回路は自励発振動作を行なうことになる。この周波数は、リニアアクチュエータの機械系の振動数に依存するから、リニアアクチュエータの負荷が変動すれば、負荷変動に応じた周波数の励磁電圧が固定子巻線1に印加される。また、発振動作に必要な共振系をリニアアクチュエータ自身としているから、固定子巻線1への印加電圧を別途の回路で生成する場合（つまり、他励発振を行なう場合）に比較すると、共振系を省略することができる分だけ部品点数が少なくなる。

【0027】上述の回路構成では、リニアアクチュエータの可動子の瞬時位置と固定子巻線1の励磁電圧の瞬時値とが一致するから、可動子に作用する駆動力は固定子巻線1に流れる電流の二乗に比例することになる。また、上述のように固定子巻線1とコンデンサ13との直列共振回路の共振周波数を、リニアアクチュエータの可

動部分の固有振動数に一致させているから、無負荷時であって固定子巻線1に印加される励磁電圧がリニアアクチュエータの固有振動数に一致しているときには、固定子巻線1のインダクタンス成分とコンデンサ13のキャパシタンス成分とによる合成リアクタンスがほぼ0になり、結果的に、回路インピーダンスは抵抗成分のみに近い状態になる。つまり、固定子巻線1に流れる電流の損失が少なくなり、固定子巻線1に大きな電流を流してリニアアクチュエータを効率よく駆動することができる。このように、コンデンサ13を設けることにより、コンデンサ13を設けない場合よりも可動子に作用する駆動力を大きくすることができる。

【0028】いま、リニアアクチュエータを電気かみそりの駆動源として用い無負荷では図3の①のような固有振動数(約200Hz)を有しているものとする、ひげそり時にひげによる負荷がかかったときに、たとえば図3の②のように固有振動数が大きくずれることになる。本実施形態では、コンデンサ13を設けていることによって、共振状態を維持しようとするから、図4の①のように固有振動数付近での電流値を大きくすることができ(図4の②はコンデンサ13がない場合を示す)、また、可動子に作用する駆動力は図5の①のようにコンデンサ13を用いない場合(図5の②)に比較して2倍以上になる。つまり、コンデンサ13を設けたことによって、負荷変動に対しても効率が低下したり脱調したりするのを防止することができる。

【0029】(実施形態2) 実施形態1の構成では、電源の投入によってリニアアクチュエータの動作を開始させることができるが、本実施形態はリニアアクチュエータの動作開始をより確実に行なうために、図6に示すように、制御回路10に起動回路20を付加したものである。図示例では演算増幅器11の出力部に駆動回路12を設けたものとして駆動回路12の図示を省略している。起動回路20は、図7に示すように、演算増幅器11の非反転入力端にダイオード21およびコンデンサ22を介して接続したワンショットマルチバイブレータ23を備える。また、電源Vsの両端間にスイッチ24を介して接続されたコンデンサ25と抵抗26との直列回路を備え、コンデンサ25と抵抗26との接続点がワンショットマルチバイブレータ23のトリガ端子CKに接

続される。本実施形態では、固定子巻線1とコンデンサ13との接続点を演算増幅器11の非反転入力端に直接接続せず、コンデンサ13と演算増幅器11の非反転入力端との間には抵抗16を設けてある。

【0030】図7に示す回路は、以下のように動作する。図8における時刻T0でスイッチ24をオンにして電源を投入すると、抵抗26を介してコンデンサ25が充電されるから、図8(d)のようにコンデンサ25の両端電圧が時間の経過に伴って上昇する。ワンショットマルチバイブレータ23にはトリガ信号の立ち上がりでトリガされるものを用いており、時刻T1においてコンデンサ25の両端電圧がワンショットマルチバイブレータ23のトリガ電圧Vtに達すると、ワンショットマルチバイブレータ23から一定パルス幅のパルス信号が出力される。つまり、時刻T1において抵抗32の両端電圧に図8(c)のようなパルス電圧が発生する。このパルス電圧が演算増幅器11に入力されることにより、演算増幅器11は、図8(b)のような電圧を出力し、固定子巻線1には図8(a)のような電圧が印加される。この電圧によってリニアアクチュエータが動作を開始し、リニアアクチュエータで逆起電力が発生する。

【0031】以後は、ワンショットマルチバイブレータ23から演算増幅器11への入力がなくなってもリニアアクチュエータの逆起電力が演算増幅器11に帰還されることによって、リニアアクチュエータの動作が維持される。つまり、固定子巻線1への励磁電圧ないし励磁電流がリニアアクチュエータを安定的に動作させる状態に収束し、正弦波状の電圧が固定子巻線1に印加されるようになる。

【0032】また、演算増幅器11から出力電圧が継続的に得られるようになると、図8(e)のようにコンデンサ30の両端電圧が上昇し、時刻T2においてほぼ一定電圧に保たれる状態に達する。コンデンサ30の両端電圧が上昇すれば、フォトカプラ27の発光ダイオード27aの光出力が大きくなり、フォトランジスタ27bはしだいに導通するから、やがてコンデンサ25がフォトランジスタ27bを通して放電され、リニアアクチュエータの動作中にはワンショットマルチバイブレータ23のトリガ端子CKへの印加電圧はほぼ0に保たれる。

【0033】リニアアクチュエータが何らかの原因で停止したり、スイッチ24を一旦オフにして再度オンにしたりすると、コンデンサ25が再び充電されて上記動作が繰り返される。

【0034】以上説明したように、本実施形態では、起動回路20を設けたことによってアクチュエータの動作開始を容易にしておき、リニアアクチュエータが何らかの原因で一旦停止しても、スイッチ24を再投入することなく自動的に再起動することが可能になるものである。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0035】（実施形態3）上述した各実施形態では、リニアアクチュエータの固定子巻線1に生じる逆起電力を帰還することによってリニアアクチュエータの動作を維持するものであったが、本実施形態は図9に示すように、固定子巻線1の誘導起電力を検出する検出用巻線7をリニアアクチュエータに設け、検出用巻線7の出力を制御回路に帰還することによってリニアアクチュエータの動作をフィードバック制御するものである。検出用巻線7は図9のように電磁石3（図12参照）とは別体に設けて電磁石3の近傍に配置すればよいが、検出用巻線7を図10のように電磁石3に巻装してもよい。

【0036】本実施形態は可動子の移動を誘導起電力により検出し、誘導起電力に応じて固定子巻線1への印加電圧を帰還するから逆起電力を帰還させるものと等価な動作が可能になる。また、逆起電力を帰還する場合と同様に、固定子巻線1には正弦波状の電圧が印加されることになる。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0037】（実施形態4）上述の各実施形態では固定子巻線1に対して正弦波状の連続波形の電圧を印加するものであったが、図11に示すように、時間経過に伴ってパルス幅の変化するパルス電圧を固定子巻線1に印加することによって、固定子巻線1への印加電圧を正弦波電圧と等価になるようにしてもよい。つまり、時間を微小期間に等分したときに各微小期間の平均値が正弦波電圧の値と等しくなるようにパルス幅を制御するのである。この種の制御はPWM制御として知られている技術を適用すれば実現することができる。また、パルス幅を適宜に制御することによって、図11（a）のように印加電圧（図11に①で示す）を比較的高くしたり、図11（b）のように比較的低くしたりする調節が可能になる。また、印加電圧が正弦波状であるから励磁電流（図11に②で示す）も正弦波状になる。

【0038】本実施形態の技術は実施形態3のように出力用巻線7を設けてリニアアクチュエータをフィードバック制御する際に適用することができる。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0039】（実施形態5）本実施形態では制御回路10の他の具体構成を示す。本実施形態の制御回路10は単一電圧の電源を用いてリニアアクチュエータの固定子巻線1に両方向の電流を流すものである。つまり、制御回路10は、図12に示すように、2個の増幅回路41、42を備えたオーディオ用として提供されている単一電源用の電力増幅器40を用いて構成される。この種の電力増幅器40としては、たとえばブリッジ型オーディオアンプと称してナショナルセミコンダクタ社から提供されている集積回路（LM4871）がある。この電力増幅器40は、1段目の増幅回路41の出力を2段目の増幅回路42の反転入力としており、1段目の増幅回路41の出力と2段目の増幅回路42の出力とをそれぞれ

れ出力端V<sub>o1</sub>、V<sub>o2</sub>から出力する。したがって、両出力端V<sub>o1</sub>、V<sub>o2</sub>からの出力は相反したものになる。リニアアクチュエータの固定子巻線1の両端には、出力端V<sub>o1</sub>、V<sub>o2</sub>が接続される。要するに電力増幅器40をオーディオ用に用いるときにスピーカを接続する部位にアクチュエータを接続するのである。

【0040】1段目の増幅回路41は反転増幅器として用いられ、電力増幅器40に外付された抵抗43、44により増幅率が決定される。また、2段目の増幅回路42の非反転入力端には電源電圧V<sub>DD</sub>を抵抗45、46により分圧した電圧が印加され、また増幅率を決める抵抗47、48も接続されている。さらに、両増幅回路41、42の非反転入力端は共通に接続され、電力増幅器40に外付されたコンデンサ49によって定電圧が印加されるようになっている。また、本実施形態では、固定子巻線1において2段目の増幅回路42の出力端V<sub>o2</sub>と接続されている一端と、1段目の増幅回路41の反転入力端との間にコンデンサ17を挿入している。

【0041】上述の構成によって、1段目の増幅回路41と2段目の増幅回路42とによって非反転増幅器が構成され、この非反転増幅器による正帰還経路が形成されることによって自励発振動作が維持される。また、1段目の増幅回路41は抵抗43、44によって増幅率が決定される通常の反転増幅器を構成している。抵抗43、44により決定される増幅率は、増幅器40のメーカ推奨値の範囲で設定すればよく、3より大きい程度のゲインがあれば自励発振動作を継続することができる。

【0042】上述の構成の制御回路10を用いると、1.5V程度の単一電源でリニアアクチュエータを起動することができる。また、電源電圧を上昇させればリニアアクチュエータの駆動電流が増加する。本実施形態に用いた電力増幅器40の定常状態における駆動電流の最大値は約1Aである。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0043】（実施形態6）本実施形態の回路構成を図13に示す。本実施形態の制御回路10は単一電圧の電源を用いてリニアアクチュエータの固定子巻線1に片方向の電流を流すものである。本実施形態の制御回路10は、演算増幅器51により構成した差動増幅器を用い、演算増幅器51の出力によってMOSFET52を制御する構成を採用している。MOSFET52にはリニアアクチュエータの固定子巻線1が直列接続され、MOSFET52と固定子巻線1との直列回路に電源電圧V<sub>cc</sub>が印加される。また、演算増幅回路51は抵抗53、54により増幅率が設定され、抵抗55、56の直列回路に電源電圧V<sub>cc</sub>が印加される。つまり、抵抗55、56により決まる分圧比で電源電圧V<sub>cc</sub>が分圧され、この電圧が演算増幅器51の非反転入力端に印加される。演算増幅器51の反転入力端には抵抗54の一端が接続され、MOSFET52と固定子巻線1との接続点

と、抵抗54の他端との間にはコンデンサ17が接続される。

【0044】本実施形態の演算増幅器51には、たとえばナショナルセミコンダクタ社から提供されている汎用の演算増幅器であるLM358を用いることができ、この演算増幅器51を単一電源で動作させるように使用すればよい。また、上述のように演算増幅器51の非反転入力端に定電圧を印加してバイアスを与えていることによって、演算増幅器51を単一電源で動作させるながらも両極性の発振が可能になっている。

【0045】本実施形態の構成では、MOSFET52がオンオフされると、MOSFET52のドレインと電源との間に挿入された固定子巻線1に流れる電流が断続される。ここで、ドレイン電流は固定子巻線1に生じる逆起電力を反映しているから、MOSFET52のドレイン電流をフィードバックして演算増幅器51に与えることにより、自励発振動作を行うことができる。本実施形態の構成では、固定子巻線1には一方向にしか電流が流れないが、MOSFET52により電流を制御するから、たとえば10Aというような大きな電流を固定子巻線1に流すことができる。演算増幅器51にLM358を用い、MOSFET52としてしきい値電圧が1~2Vのものをを用いると、電源電圧Vccを4Vとして発振を開始させることができ、このときの増幅率は20程度になる。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0046】（実施形態7）本実施形態の回路構成を図14に示す。本実施形態の制御回路10は両電圧の電源を用いてリニアアクチュエータの固定子巻線1に両方向の電流を流すものである。本実施形態の制御回路10では、演算増幅器61により非反転増幅回路を構成するとともに、演算増幅器62によりボルテージフォロウを構成し、コンプリメンタリに接続した（つまり、nチャネルとpチャネルとのMOSFETのソースを共通に接続している）2個のMOSFET63、64を両演算増幅器61、62の出力を用いて択一的にオンオフさせるようにしてある。両MOSFET63、64の接続点と接地点との間にはリニアアクチュエータの固定子巻線1が挿入され、両MOSFET63、64の直列回路には両電圧の電源電圧±Vccが接続される。また、両MOSFET63、64の接続点は演算増幅器61の非反転入力に接続される。したがって、固定子巻線1に生じる逆起電力が演算増幅器61に帰還される。

【0047】演算増幅回路61は抵抗65、66により増幅率が設定され、各演算増幅回路61、62の出力端にはコンデンサ67、68がそれぞれ接続される。両MOSFET63、64の直列回路には、4個の抵抗R1~R4よりなる直列回路が接続され、この直列回路の midpoint（抵抗R2、R3の接続点）は接地点に接続され、他の2個ずつの抵抗R1、R2およびR3、R4の接続点

にコンデンサ67、68の一端が接続される。これらの抵抗R1~R4によりMOSFET63、64にバイアスを与えられる。本実施形態の演算増幅器61、62には、たとえばナショナルセミコンダクタ社から提供されている汎用の演算増幅器であるLM358を用いることができ、この演算増幅器61、62を両電圧の電源で動作させるようにする。

【0048】本実施形態の構成では、MOSFET63、64が択一的にオンオフされることによって、固定子巻線1に流れる電流の向きが反転する。ここで、演算増幅器61の非反転入力端には固定子巻線1に生じる逆起電力がフィードバックされ、この構成では正帰還になるから、自励発振動作を行うことができる。本実施形態の構成ではMOSFET63、64により電流を制御するから、実施形態6と同様にたとえば10Aというような大きな電流を固定子巻線1に流すことができる。演算増幅器63、64にLM358を用い、MOSFET63、64としてしきい値電圧が1~2Vのものをを用いると、電源電圧±Vccを±3Vとして発振を開始させることができ、このときの増幅率は10程度になる。他の構成および動作は実施形態1と同様である。

【0049】

【発明の効果】請求項1の発明は、固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させる復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成する制御回路を備えるものであり、電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還させて自励発振動作を行なうから、振動型アクチュエータの機械振動に同期した正弦波状の印加電圧を電磁石に印加することができ、振動型アクチュエータを高効率で駆動することができる。しかも、電磁石の巻線に電圧を印加するタイミングを可動子の往復移動に同期させながらも可動子の位置を検出するための別途のセンサが不要であり、回路構成が単純になって小型化が可能になるという利点がある。さらに、自励発振動作によって安定に振動するから、負荷が変動しても駆動効率が低下しにくくなるという利点がある。結局、正弦波状の印加電圧と自励発振動作とにより高効率になるから、従来構成と同程度の出力を得るものとすれば、振動型アクチュエータを小型化することが可能になり、回路構成が簡単で小型化されることとあいまって、全体としての小型化が可能になる。

【0050】請求項2の発明のように、請求項1の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後に電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたものでは、請求項1の発明の効果に加えて、スイッチの



投入により振動型アクチュエータを確実に起動することができる。

【0051】請求項3の発明のように、請求項1の発明において、制御回路が、逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節するものでは、請求項1の発明の効果に加えて、演算増幅器の抵抗を可変にすることで、電磁石に印加する電圧の振幅を調節し駆動力を調節することができるものであり、簡単な回路構成で振動型アクチュエータの駆動力を調節することができる。

【0052】請求項4の発明のように、請求項3の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて電磁石の巻線に印加するものでは、請求項3の発明の効果に加えて、パルス信号の発生用の簡単な構成で振動型アクチュエータを確実に起動することができる。

【0053】請求項5の発明のように、請求項1の発明において、制御回路が、電磁石の巻線への印加電圧を不連続波形の電圧により等価的に生成するものでは、請求項1の発明の効果に加えて、たとえば正弦波上の印加電圧を生成する際にアナログ的に生成する場合に比較するとスイッチング技術を用いて効率の高い回路を実現することができる。

【0054】請求項6の発明のように、請求項5の発明において、電磁石の巻線に印加する電圧を、可動子の往復移動の周期よりも十分に短いパルス幅であって時間経過に伴ってパルス幅が変化する矩形波状の電圧としたものでは、請求項5の発明の効果に加えて、印加電圧をパルス制御するから、回路効率が高くなる。

【0055】請求項7の発明のように、請求項5の発明において、印加電圧を正弦波状としたものでは、請求項5の発明の効果に加えて、正弦波状の波形をパルス幅が時間変化する矩形波により生成するから、駆動用の回路と振動型アクチュエータとの両方の効率が高くなり、小型かつ高出力にすることができる。

【0056】請求項8の発明は、固定子と可動子との少なくとも一方に電磁石を備え、電磁石の無励磁時に可動子を定位置に復帰させるばね性を有する復帰装置を備え、電磁石に交番電圧が印加されると可動子との間に作用する磁力の変化により可動子が往復移動する振動型アクチュエータに用いる駆動回路であって、電磁石の巻線に正弦波状の励磁電圧を印加する制御回路と、制御回路と電磁石の巻線との間に挿入されて電磁石の巻線とともに直列共振回路を形成するコンデンサとを備え、直列共振回路の共振周波数を可動子の固有振動数に一致させるように設定するものであり、電磁石の巻線とコンデンサとからなる直列共振回路のインピーダンスをほぼ抵抗成

分だけにして電磁石の巻線に高効率で電力を供給することができる。また、直列共振回路を設けたことにより振動型アクチュエータの振動が一層安定化される。

【0057】請求項9の発明のように、請求項8の発明において、制御回路が、可動子の往復移動に伴って電磁石の巻線に生じる逆起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成するものでは、請求項8の発明の効果に加えて、可動子の往復移動に伴う可動子の固有な振動情報が電磁石への逆起電力の形で得られるから、構成部品を増やすことなく低コストかつ小型に構成することができる。

【0058】請求項10の発明のように、請求項8の発明において、電磁石の巻線により生じる磁束を検出する検出用巻線を設け、制御回路が、可動子の往復移動に伴って検出用巻線に生じる誘導起電力を正帰還して電磁石の巻線への印加電圧を自励発振動作により生成するものでは、請求項8の発明の効果に加えて、可動子の往復移動に伴う可動子の固有な振動情報が検出用巻線に誘導起電力の形で得られるのであって、検出用巻線は適宜の空きスペースに配置することができるから大型化することなく構成することができる。

【0059】請求項11の発明のように、請求項10の発明において、検出用巻線が、電磁石とは別体であって電磁石の近傍に配置されているものでは、請求項10の発明の効果に加えて、可動子の往復移動に伴う可動子の固有な振動情報が検出用巻線に誘導起電力の形で得られるのであって、検出用巻線は振動型アクチュエータの空きスペースに配置することができるから大型化することなく構成することができる。

【0060】請求項12の発明のように、請求項10の発明において、検出用巻線が、電磁石に巻装されているものでは、請求項10の発明の効果に加えて、可動子の往復移動に伴う可動子の固有な振動情報が検出用巻線に誘導起電力の形で得られるのであって、検出用巻線は電磁石の空きスペースに配置することができるから大型化することなく構成することができる。

【0061】請求項13の発明のように、請求項8の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後に電磁石の巻線に起動用の電圧を印加する起動回路を設けたものでは、請求項8の発明の効果に加えて、スイッチの投入により振動型アクチュエータを確実に起動することができる。

【0062】請求項14の発明のように、請求項8の発明において、制御回路が、逆起電力の正帰還増幅を行なう演算増幅器を備え、演算増幅器の増幅率を調節する可変抵抗を用いて前記電磁石の巻線への印加電圧の振幅を調節するものでは、請求項8の発明の効果に加えて、演算増幅器の抵抗を可変にすることで、電磁石に印加する電圧の振幅を調節し駆動力を調節することができるものであり、簡単な回路構成で振動型アクチュエータの駆動

15

力を調節することができる。

【0063】請求項15の発明のように、請求項14の発明において、電源を供給するスイッチを投入した直後にパルス信号を発生するワンショットマルチバイブレータを備え、パルス信号を演算増幅器に通し起動用の電圧を発生させて電磁石の巻線に印加するものでは、請求項14の発明の効果に加えて、パルス信号の発生用の簡単な構成で振動型アクチュエータを確実に起動することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1を示す回路図である。

【図2】同上の原理説明図である。

【図3】同上の動作説明図である。

【図4】同上の動作説明図である。

【図5】同上の動作説明図である。

【図6】本発明の実施形態2を示す概略構成図である。

【図7】同上の回路図である。

【図8】同上の動作説明図である。

【図9】本発明の実施形態3の一例を示す概略構成図である。

【図10】本発明の実施形態3の他例を示す概略構成図である。

【図11】本発明の実施形態4を示す動作説明図である。

16

【図12】本発明の実施形態5を示す動作説明図である。

【図13】本発明の実施形態6を示す動作説明図である。

【図14】本発明の実施形態7を示す動作説明図である。

【図15】従来例を示す動作説明図である。

【図16】従来例を示す動作説明図である。

【図17】従来例を示す動作説明図である。

10 【符号の説明】

1 固定子巻線

2 固定子

3 電磁石

4 可動子

5 永久磁石

6 ばね

7 検出用巻線

10 制御回路

11 演算増幅器

13 コンデンサ

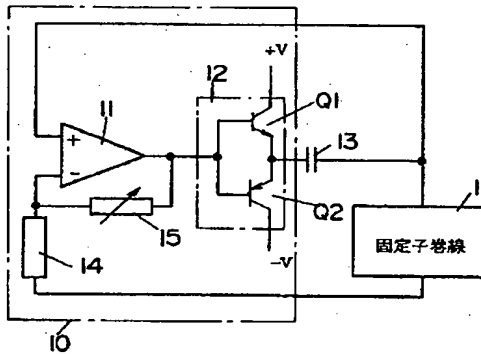
15 可変抵抗

20 起動回路

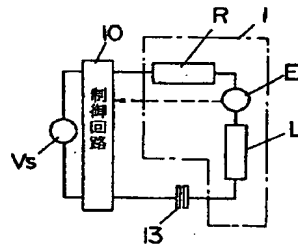
23 ワンショットマルチバイブレータ

24 スイッチ

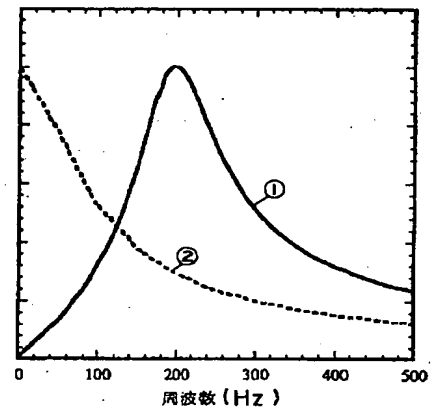
【図1】



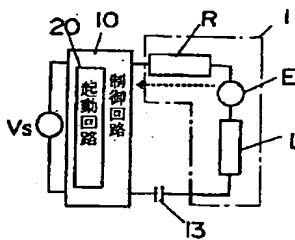
【図2】



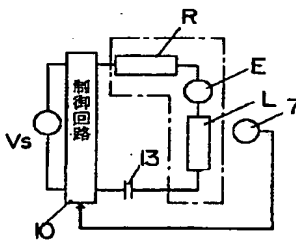
【図3】



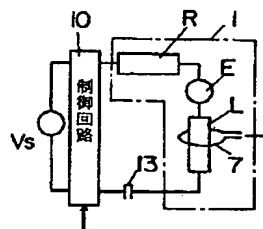
【図6】



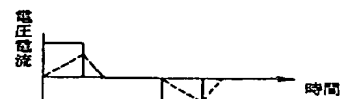
【図9】



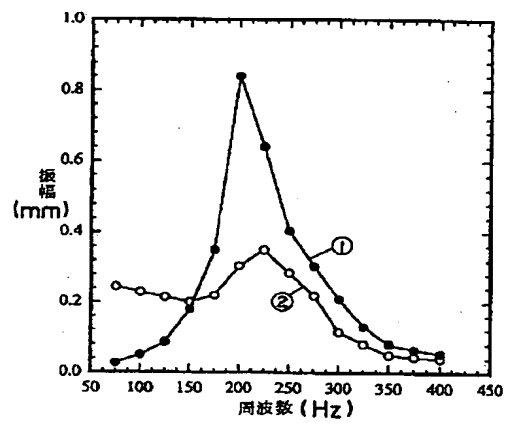
【図10】



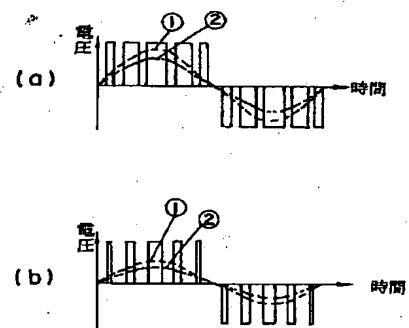
【図16】



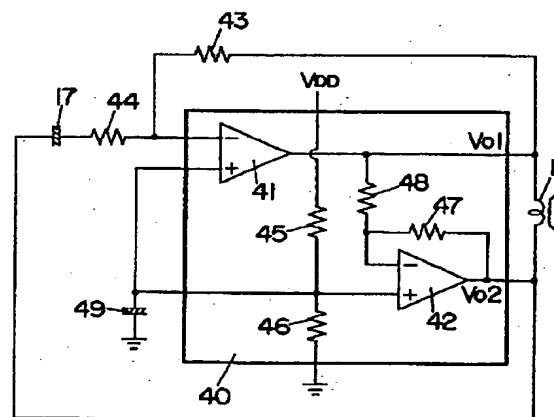
【図 5】



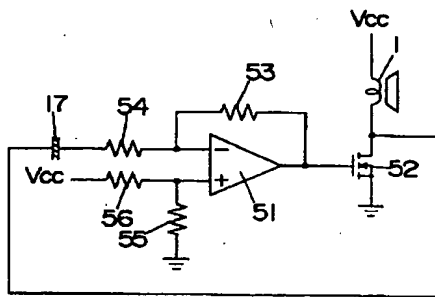
【图 1-1】



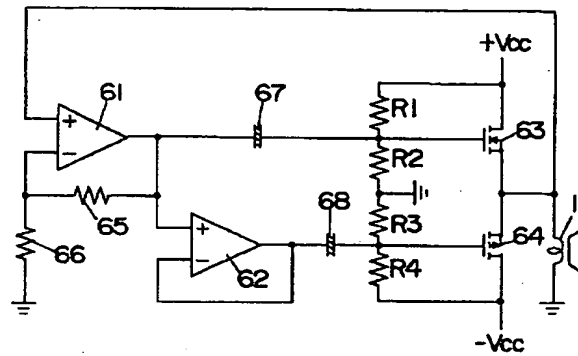
【图 1 2】



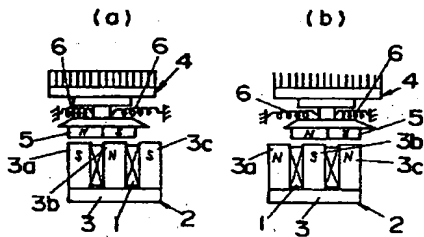
【図13】



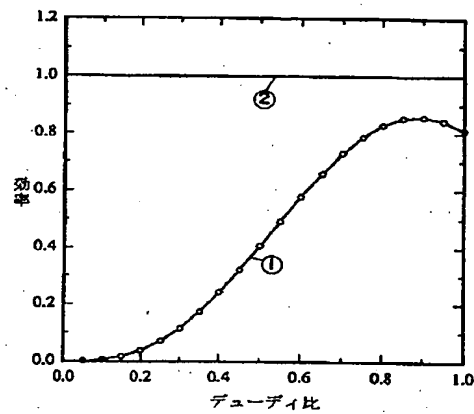
【図14】



【図15】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 敏  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

(72)発明者 岡本 豊勝  
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株  
式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**